

## 〇2 2次元剛体バネモデルを用いた顎関節負荷の解析

江守邦宏<sup>1)</sup>, 林 豊彦<sup>2)</sup>, 伊藤建一<sup>3)</sup>, 宮川道夫<sup>1)</sup><sup>1)</sup>新潟大学工学部情報工学科, <sup>2)</sup>新潟大学大学院自然科学研究科,<sup>3)</sup>新潟工科大学情報電子工学科

### 1. まえがき

咀嚼やかみしめ動作では, 上下顎歯列間やその間に介在する食片に咬合力という力が加わる。そのとき, 顎関節に顎関節負荷と呼ばれる圧縮力が加わる。顎関節負荷は, その大きさと方向が適切であれば, 顎関節の成長を促し, また正常な機能と構造を維持する働きをもつといわれている。その一方で, 顎関節症の原因の一つとも言われている。健康な顎関節では何らかの方法で顎関節負荷が抑制・制御されているものと考えられている。

これまでの研究[1]から, 顎関節負荷の方向が中央狭窄部に向くとその他の方向と比べて大きさが小さくかつ応力の分布が集中することが明らかにされている。さらに, 顎関節負荷は, 咬筋と側頭筋前部によって, その方向に調節できる。しかしながら, これまでの解析では, 側頭筋後部の働きは考慮していなかった。そこで本研究では, 側頭筋の顎関節負荷への作用を明らかにすることを目的とする。

### 2. モデルの概要

本論文では上下顎をととも2次元剛体, 顎関節円板を有限個のばね列, 筋力はすべて2次元ベクトルでモデル化する(図1, 2)。かみしめ運動時, 下顎骨は歯列上にある咬合力の作用点と顎関節により支持される。このとき下顎骨には主に筋力, 咬合力, 顎関節負荷が加わっている。

まず筋力について述べる。モデルに配置する咀嚼筋は, かみしめ時に最も関与する咬筋(内側翼突筋), 側頭筋, 外側翼突筋とした。以後, 咬筋と記すときは内側翼突筋を含むものとする。実際の筋の付着・停止域は面積をもつが, 静力学モデルでは一般にその張力を1つの合成ベクトルで表す。その大きさ, 作用方向, 作用点は, 伊藤の報告[1]に準じて設定した。

本論文では従来と同様, モデルを一般化するために, 咬合力の作用部位を1点(咬合点)とみなし, 咬合力をその点における力ベクトルで表すことにした。但し, ピボットのようにその点を中心として回転するだけでなく, 咬合平面上を前後に自由に移動できるものとした。咬合点は第1大臼歯咬合面上に設定した(図1)。

図2に顎関節円板の剛体ばねモデルを示す。顎関節の形状は大石らの報告[2], 関節円板の弾性係数は前田らの報告[3], ばねの配置は篠崎の報告[4]に準じて設定した。これらの数値を用いて, ばね定数を算出した。なお, ばねは顎関節円板の性質から, 圧縮力だけに抵抗するものとした。

剛体に作用する力が釣り合い, 静止するためには, 次の静力学的平衡条件を満たす必要がある: 1) X軸方向の力の総和は零, 2) Z軸方向の力の総和は零, 3) 任意の軸回りのモーメントの総和は零。これらの条件を本モデルに適用する。咬合力により下顎は, 咬合点を中心に微小回転し, さらに咬合面上を微小に並進する。その回転角, 並進移動量より各筋力, 咬合力, 顎関節負荷の作用点の位置は変化する。これより顎関節負荷が求められる。

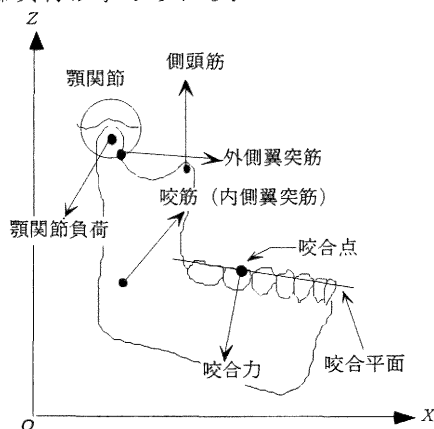


図1 2次元静力学的モデル

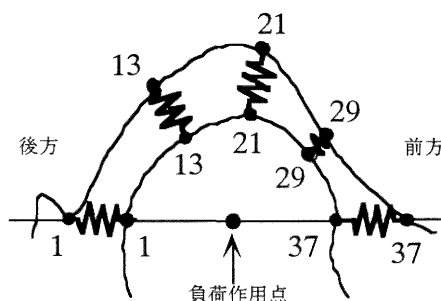


図2 顎関節円板の剛体ばねモデル

### 3. 計算機シミュレーションによる実験

まず、文献[1]-[4]を参考に設定した初期値を平衡条件式に代入し、咬合力の大きさを求めこれを基準値とした。

次に、咬合力の大きさと外側翼突筋筋力を基準値に固定し、咬筋筋力をパラメータとして変化させ、側頭筋筋力と顎関節応力分布及び顎関節負荷を求めた。咬筋筋力は、変化域を基準値の80%-110%とし、1%間隔で変化させた。各咬筋筋力値における側頭筋筋力は、咬合力が基準値とみなせる値を一樣探索的に求めた。

さらに、側頭筋後部を考慮するため、側頭筋筋力の作用方向角を後部方向に $89.5^{\circ}$  -  $105.5^{\circ}$  まで $1^{\circ}$  ずつ変化させて同様に実験を行った。但し、作用方向角は、X軸から反時計回りの角度で表した。

### 4. 実験結果と考察

図3に各咬筋筋力における、側頭筋筋力と顎関節負荷の大きさを示した。(a)が側頭筋前部のみ、(b)(c)が側頭筋前部と側頭筋後部を考慮した図を示す。横軸は咬筋筋力の変化の割合、縦軸は各筋力と顎関節負荷の大きさを表している。図中の縦線は、顎関節応力分布が最も中央狭窄部に集中した箇所を示している。図4にその分布の一例を示す。この中央狭窄部は関節円板の中で耐圧縮能力に優れているため、この分布が顎関節に最も負担を欠けないものであると考えられる。

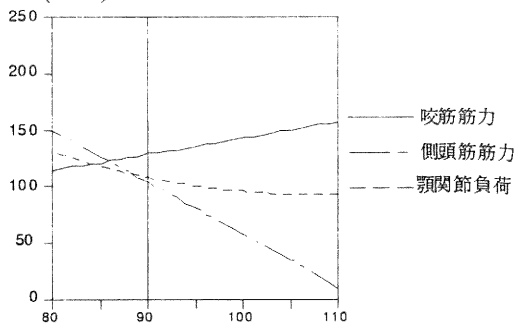
図3から、側頭筋の作用方向を後方に変化させても、咬筋筋力に対する顎関節負荷の大きさの変化パターンはほとんど変わらなかった。さらに、最適な応力分布が生じる咬筋と側頭筋の大きさの比も大きくは変わらなかった。以上のことから、側頭筋後部は、顎関節負荷の調節にはあまり関与せず、顎関節負荷は主に咬筋と側頭筋前部で調節され则认为された。

今後の課題は、ヒトの顎関節円板の粘弾性特性の測定とモデルの3次元化が考えられる。

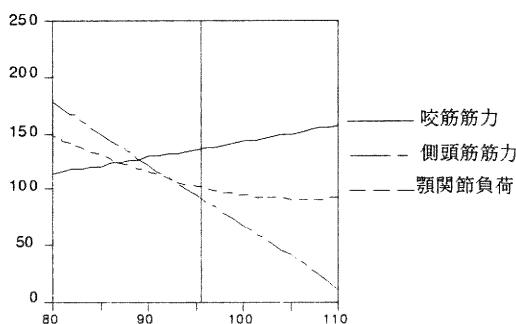
#### 参考文献

- [1]伊藤建一他:咀嚼筋による顎関節負荷の調節性—2次元モデルを用いた静力学的分析—,バイオメカニズム, 13, pp.227-236(1996).
- [2]大石忠雄:下顎運動の立場からみた顎関節構造の研究, 補綴誌, 11, pp.197-220(1967).
- [3]前田芳信他:顎関節の形態変化に関する生体力学的シミュレーション, 第1報:顎関節部の応力分布に影響を与える因子について, 日顎誌, 3(1), pp.1-9(1991).
- [4]篠崎直樹:咬合状態の違いに対する顎関節の力

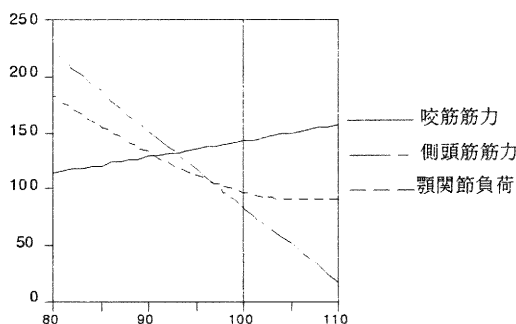
学的応答, 口腔病学会雑誌, 59(4), pp.681-699(1992).



(a) 側頭筋筋力の作用方向 $89.5^{\circ}$



(b) 側頭筋筋力の作用方向 $93.5^{\circ}$



(c) 側頭筋筋力の作用方向 $97.5^{\circ}$

図3 咬筋筋力と側頭筋筋力の関係による顎関節負荷の大きさ

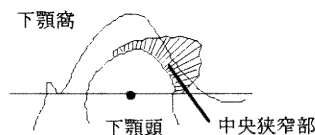


図4 中央狭窄部に集中した顎関節の応力分布